

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 64 665 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁷:
F 02 D 41/02
F 02 D 41/04
F 01 N 3/10

⑳ Aktenzeichen: 100 64 665.4
㉒ Anmeldetag: 22. 12. 2000
㉔ Offenlegungstag: 1. 8. 2002

DE 100 64 665 A 1

㉑ Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

㉒ Erfinder:
Ellmer, Dietmar, 93199 Zell, DE; Schürz, Willibald,
Dr., 93089 Aufhausen, DE

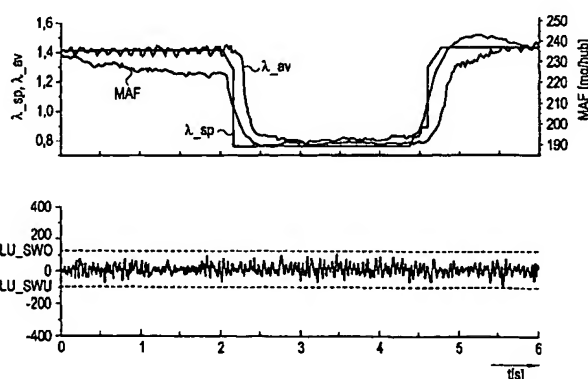
㉓ Entgegenhaltungen:
DE 199 15 793 A1
US 59 41 211 A
EP 09 26 327 A2
JP 11-0 82 097 A
JP 09-1 37 738 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉔ Verfahren zum Steuern einer Brennkraftmaschine

㉕ Zum Erzielen einer Drehmomentneutralität beim Umschalten von Magerbetrieb auf Fettbetrieb und umgekehrt zur Steuerung der Regenerationsphase für einen NOx-Speicherkatalysator werden durch Auswerten von Laufunruhwerten (LU) verschiedene Steuermaßnahmen eingeleitet. Überschreiten die Laufunruhwerte vorgegebene Grenzwerte (LU_SWO, LU_SWU), so wird der Übergang zwischen den einzelnen Betriebsmoden in einen Instationärvorgang der Brennkraftmaschine gelegt oder der Übergang wird nicht sprunghaft durchgeführt, sondern die Luftzahl (λ_{sp}) über eine Rampenfunktion verändert oder der Magermixbetrieb der Brennkraftmaschine vollständig verboten und die Brennkraftmaschine mit stöchiometrischem Kraftstoff-/Luftgemisch betrieben.



DE 100 64 665 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern einer Brennkraftmaschine, die abhängig von bestimmten Betriebsbedingungen entweder mit einem überstöchiometrischen, stöchiometrischen oder unterstöchiometrischen Kraftstoff-/Luftgemisch betrieben wird.

[0002] Um den Kraftstoffverbrauch von Kraftfahrzeugen mit ottomotorischem Antrieb weiter zu reduzieren, kommen immer häufiger Brennkraftmaschinen zum Einsatz, die zumindest teilweise mit überstöchiometrischem, d. h. mit magerem Kraftstoff-/Luftgemisch betrieben werden.

[0003] Zur Erfüllung der geforderten Abgasgrenzwerte ist bei solchen Brennkraftmaschinen eine spezielle Abgasnachbehandlung notwendig. Dazu werden NO_x-Speicherkatalysatoren verwendet, die aufgrund ihrer Beschichtung in der Lage sind, die NO_x-Verbindungen aus dem Abgas, welche bei der Verbrennung mit magerem Kraftstoff-/Luftgemisch entstehen, in einer Speicherphase zu adsorbieren. Während einer Regenerationsphase werden die adsorbierten NO_x-Verbindungen unter Zugabe eines Reduktionsmittels in unschädliche Verbindungen umgewandelt. Als Reduktionsmittel für magerbetriebene Otto-Brennkraftmaschinen können CO, H₂ und HC (Kohlenwasserstoffe) verwendet werden. Diese werden durch kurzzeitiges Betreiben der Brennkraftmaschine mit einem fetten Kraftstoff-/Luftgemisch erzeugt und dem NO_x-Speicherkatalysator als Abgaskomponenten zur Verfügung gestellt, wodurch die gespeicherten NO_x-Verbindungen im NO_x-Speicherkatalysator desorbiert werden.

[0004] Der Speicherwirkungsgrad eines solchen NO_x-Speicherkatalysators hängt von zahlreichen, in der Literatur beschriebenen Einflußgrößen ab. Eine primäre Einflußgröße stellt neben der Temperatur des NO_x-Speicherkatalysators insbesondere der Beladungsgrad dar, d. h. mit zunehmender Dauer der Magerphase und daraus resultierenden Speicherung von NO_x nimmt der Speicherwirkungsgrad kontinuierlich ab, so daß unter Berücksichtigung der Abgasgrenzwerte oder weiterer Betriebsbedingungen eine Umschaltung in den Fett- d. h. in den Regenerationsbetrieb notwendig wird. Die erforderliche Dauer des Fettbetriebes zur Regeneration hängt im wesentlichen von der gespeicherten NO_x-Masse und dem O₂-Speichervermögen des NO_x-Speicherkatalysators ab.

[0005] Weil der Übergang vom Magerbetrieb zum Fettbetrieb bzw. vom Fettbetrieb zum Magerbetrieb der Brennkraftmaschine zur Vermeidung von NO_x-Rohemissionsspitzen sprunghaft erfolgen muß, wird die Luftzahländerung vorzugsweise durch Veränderung der Einspritzmenge erreicht. Die mit einer Luftzahländerung über Einspritzmengenänderung verbundene Drehmomentänderung ist durch einen Zündwinkleingriff zu kompensieren, um das Fahrverhalten eines derartigen Fahrzeuges nicht nachteilig zu beeinflussen. Ein solcher Wechsel vom überstöchiometrischen Betrieb der Brennkraftmaschine zum unterstöchiometrischen Betrieb und umgekehrt stellt im Hinblick auf den erwünschten Fahrkomfort hohe Anforderungen an die Motorsteuerungsfunktionalität, da diese Betriebsartwechsel drehmomentneutral erfolgen müssen, d. h. für den Fahrer des Fahrzeuges nicht bemerkbar sein sollen.

[0006] Bei einer drehmomentenbasierten Motorsteuerung, bei der das vom Fahrer gewünschte Drehmoment als Basisgröße für die Steuerung und Regelung der Brennkraftmaschine herangezogen wird, erfolgt für den Neuzustand der Brennkraftmaschine eine drehmomentneutrale Applikation der Übergänge. Für den Neuzustand kennt man den Einfluß des Zündwinkels und der Luftzahl auf das abgegebene Drehmoment und diese Zusammenhänge können in Kenn-

felder abgelegt werden. Das von der Brennkraftmaschine abgegebene Drehmoment unterliegt aber einer alters- und verschleißbedingten Veränderung, so daß sich die gespeicherten Zusammenhänge verändern und die Übergänge nicht mehr drehmomentneutral ablaufen, wenn sie nach den gleichen Vorschriften abgearbeitet werden. Diese Veränderung des Drehmoments kann nur unzureichend durch ein Modell berücksichtigt werden, da diese in der Regel unzureichend vorhersehbar ist und außerdem von einer nicht zu erfassenden Anzahl von Einflußgrößen während des Alterungsvorgangs abhängig ist. Die Änderungen des Drehmoments der Brennkraftmaschine können bei den bekannten Verfahren dazu führen, daß bei einem kurzzeitigen Betriebswechsel die geforderte Drehmomentneutralität nicht mehr gewährleistet ist und der Fahrer ein unangenehmes Ruckeln des Fahrzeugs bemerkt.

[0007] In DE 195 17 168 A¹ und EP 0 687 809 A² sind Verfahren und Vorrichtungen zur Steuerung des Drehmoments bei starker Veränderung der Luftzahl durch Verzögern des Zündzeitpunktes und Rückführen von Abgas beschrieben.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Steuern einer Brennkraftmaschine anzugeben, mit dem ein drehmomentenneutraler Betriebsmoduswechsel der eingangs genannten Art gewährleistet ist.

[0009] Diese Aufgabe wird durch die in den unabhängigen Ansprüchen definierte Erfindung gelöst.

[0010] Zum Erzielen einer Drehmomentneutralität beim Umschalten von Magerbetrieb auf Fettbetrieb bzw. von Fettbetrieb auf Magerbetrieb zur Steuerung der Regenerationsphase für den NO_x-Speicherkatalysator werden durch Auswerten von Laufunruhwerten verschiedene Steuermaßnahmen eingeleitet. Überschreiten die Laufunruhwerte vorgegebene Grenzwerte, so wird der Übergang zwischen den einzelnen Betriebsmoden in einen Instationärvorgang der Brennkraftmaschine, wie Beschleunigung oder Verzögerung gelegt. Das hat den Vorteil, daß dabei auftretende Drehmomentschwankungen nicht oder nur sehr wenig auffallen, da der Fahrer ohnehin mit einer Drehmomentänderung rechnet.

[0011] Wird der Übergang zwischen den einzelnen Betriebsmoden nicht in Instationärvorgänge gelegt, so ist es vorteilhaft, den Übergang nicht sprunghaft durchzuführen, sondern die Luftzahl über eine Rampenfunktion zu verändern. Dadurch können Einbußen an Fahrkomfort, wie Ruckeln des von der Brennkraftmaschine angetriebenen Fahrzeuges weitgehend vermieden werden.

[0012] Wenn die Laufunruhwerte außerhalb eines zugelassenen Bereiches liegen, ist es auch möglich, den sogenannten Magermixbetrieb der Brennkraftmaschine vollständig zu verbieten. Es wird in diesem Fall die Brennkraftmaschine mit stöchiometrischem Kraftstoff-/Luftgemisch d. h. mit einer Luftzahl $\lambda = 1$ betrieben.

[0013] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0014] Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

[0015] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit einer ihr zugeordneten Steuerungs- und Abgasnachbehandlungseinrichtung,

[0016] Fig. 2 ein Diagramm von ausgewählten Signalverläufen für einen Regenerationszyklus bei einwandfreier Abstimmung,

[0017] Fig. 3 ein Diagramm von ausgewählten Signalverläufen für einen Regenerationszyklus bei provozierter fehlerhafter Abstimmung, die Verschleiß- und Alterungsvorgänge der Brennkraftmaschine vorgibt und

[0018] Fig. 4 ein Diagramm von ausgewählten Signalverläufen für einen Regenerationszyklus, wobei eine Kompensation der fehlerhaften Abstimmung erfolgt.

[0019] In Fig. 1 ist schematisch eine mit Kraftstoff-Direkteinspritzung arbeitende Brennkraftmaschine mit einer NOx-Abgasnachbehandlungsanlage gezeigt, bei der das erfindungsgemäße Verfahren angewendet wird. Dabei sind nur diejenigen Komponenten dargestellt, die für das Verständnis der Erfindung nötig sind. Insbesondere ist der Kraftstoffkreislauf weggelassen.

[0020] Der Brennkraftmaschine 10 wird über einen Ansaugkanal 11 die zur Verbrennung nötige Luft zugeführt. Im Ansaugkanal 11 sind in Strömungsrichtung der angesaugten Luft gesehen nacheinander ein Luftmassenmesser 12 und ein Drosselklappenblock 13 mit einer Drosselklappe 130 und einem nicht dargestellten Drosselklappensensor zur Erfassung des Öffnungswinkels der Drosselklappe 130 vorgesehen. Ferner weist die Brennkraftmaschine 10 einen Abgaskanal 14 auf, in dem ein nahe der Brennkraftmaschine 10 angeordneter Vorkatalysator 15 zur Konvertierung der Schadstoffe HC und CO und ein in Strömungsrichtung des Abgases dem Vorkatalysator 15 nachgeschalteter NOx-Speicherkatalysator 16 vorgesehen ist. Der Vorkatalysator 15 kann auch zusammen mit dem NOx-Speicherkatalysator 16 in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht sein. Des weiteren ist es möglich, unter Verzicht des Vorkatalysators nur einen NOx-Speicherkatalysator vorzusehen, der auch Drei-Wege-Eigenschaften besitzt.

[0021] Die Brennkraftmaschine 10 weist entsprechend der Zylinderanzahl eine entsprechende Anzahl an Einspritzventilen 17 auf, so daß jedem Zylinder ein separates Einspritzventil zugeordnet ist. Der Kraftstoff wird dabei direkt in den jeweiligen Zylinder der Brennkraftmaschine 10 eingespritzt.

[0022] Die Sensorik für die Abgasnachbehandlungsanlage beinhaltet einen Sauerstoffmessaufnehmer 18 stromaufwärts des Vorkatalysators 15, einen Temperatursensor 19 im Verbindungsrohr zwischen Vorkatalysator 15 und NOx-Speicherkatalysator 16 nahe am Eintrittsbereich desselben und einen weiteren Abgasmessaufnehmer 20 stromabwärts des NOx-Speicherkatalysators 16. Als Abgasmessaufnehmer 20 kann entweder ein Sauerstoffmessaufnehmer oder ein NOx-Sensor verwendet werden. Das Signal des stromabwärts des NOx-Speicherkatalysators 16 angeordneten Abgasmessaufnehmers 20 wird auch zur Steuerung der Speicherregeneration und zur Adaption von Modellgrößen wie z. B. der Sauerstoff- bzw. NOx-Speicherkapazität des NOx-Speicherkatalysators 16 herangezogen.

[0023] Anstelle des Temperatursensors 19, der die Abgastemperatur erfasst und aus dessen Signal mittels eines Temperaturmodells die Temperatur des NOx-Speicherkatalysators 16 berechnet werden kann, ist es auch möglich die NOx-Speicherkatalysatortemperatur unmittelbar im Monolithen des NOx-Speicherkatalysators 16 zu messen.

[0024] Als Sauerstoffmessaufnehmer 18 wird vorzugsweise eine Breitband-Lambdasonde eingesetzt, welche in Abhängigkeit des Sauerstoffgehaltes im Abgas ein stetiges, z. B. lineares Ausgangssignal abgibt. Mit dem Signal dieser Breitband-Lambdasonde 18 wird die Luftzahl während des Betriebes der Brennkraftmaschine, insbesondere während des Magerbetriebes und während der Regenerationsphase mit fettem Kraftstoff-/Luftgemisch entsprechend der Sollwertvorgaben eingeregelt. Diese Funktion übernimmt eine an sich bekannte Lambdaregelungseinrichtung 21, die vorzugsweise in eine den Betrieb der Brennkraftmaschine 10 steuernde Steuerungseinrichtung 22 integriert ist.

[0025] Solche elektronischen Steuerungseinrichtungen, die in der Regel einen Mikroprozessor beinhalten und die neben der Kraftstoffeinspritzung und der Zündung noch

eine Vielzahl weiterer Steuer- und Regelaufgaben, u. a. auch die Steuerung der Abgasnachbehandlungsanlage übernehmen, sind an sich bekannt, so daß im folgenden nur auf den im Zusammenhang mit der Erfindung relevanten Aufbau und dessen Funktionsweise eingegangen wird. Insbesondere ist die Steuerungseinrichtung 22 mit einer Speichereinrichtung 23 verbunden, in der u. a. verschiedene Kennlinien bzw. Kennfelder und Schwellenwerte gespeichert sind, deren jeweilige Bedeutung anhand der Beschreibung der nachfolgenden Figuren noch näher erläutert wird.

[0026] Das Ausgangssignal des Luftmassenmessers 12 und die Signale des Drosselklappensensors, des Sauerstoffmessaufnehmers 18, des Abgasmessaufnehmers 20 und des Temperatursensors 19 werden über entsprechende Verbindungsleitungen der Steuerungseinrichtung 22 zugeführt.

[0027] Zur Steuerung und Regelung der Brennkraftmaschine 10 ist die Steuerungseinrichtung 22 außer mit einer Zündeinrichtung 24 für das Kraftstoff-/Luftgemisch über eine nur schematisch dargestellte Daten- und Steuerleitung 25 noch mit weiteren, nicht explizit dargestellten Sensoren z. B. für Drehzahl und Kühlmitteltemperatur der Brennkraftmaschine sowie mit weiteren Aktoren verbunden.

[0028] Im folgenden wird erläutert, wie eine Unterbindung einer Fahrkomforteinbuße durch Veränderung des Drehmomentes der Brennkraftmaschine erreicht werden kann, welches durch die Funktionalität der Steuerungseinrichtung der Brennkraftmaschine bei der Nachbildung des Drehmomentes nicht oder nur unzureichend abgedeckt werden kann.

[0029] Dazu ist eine Stationärbetriebserkennung notwendig, um sicher zu stellen, dass es sich bei der Drehmomentänderung beim Betriebsmoduswechsel nicht um eine vom Fahrer des von der Brennkraftmaschine angetriebenen Fahrzeugs oder eine von der Steuerungseinrichtung aufgrund einer Drehmomentanforderung hervorgerufene Änderung handelt, d. h. das von der Steuerungseinrichtung vorgegebene, zu realisierende Drehmoment muß während des Betriebsmoduswechsels quasi konstant sein. Eine Veränderung des realen induzierten Drehmomentes macht sich für den Fahrer auf folgende Art bemerkbar. Die sprungförmige Änderung der Einspritzung, die momentenkompensierende schlagartige Verstellung des Zündwinkels und die Veränderung der Füllung können durch Veränderung der den Verbrennungsverlauf beeinflussenden Verbrennungsparametern zu einer verschleppten, schlechten Verbrennung in einzelnen Takten während des Überganges vom Betrieb mit magerem Kraftstoff-/Luftgemisch zu dem Betrieb mit fettem Kraftstoff-/Luftgemisch und umgekehrt führen. Dies kann durch das Auftreten von erhöhten Laufunruhwerten detektiert werden. Die Laufunruhwerte können nach einem beliebigen bekannten Verfahren ermittelt werden, beispielsweise wie es in der WO 97/20195 beschrieben ist.

[0030] Da auch im Neuzustand der Brennkraftmaschine leichte Veränderungen der Laufunruhwerte auftreten können, wird ein appliziertes Laufunruhefenster festgelegt, welches die Entscheidung über eine unzulässige Laufunruhe in einem solchen Betriebsmoduswechsel vorgibt. Wird eine solche unzulässig hohe Laufunruhe während eines Betriebsmoduswechsels wiederholt erkannt, können verschiedene steuerungstechnische Eingriffe eingeleitet werden.

[0031] Im oberen Teil der Fig. 2 sind in Abhängigkeit der Zeit t die Verläufe des Sollwertes für die Luftzahl λ_{sp} , der tatsächlichen Luftzahl λ_{av} , die mittels des Sauerstoffmessaufnehmers 18 gemessen wurde und das Signal des MAF des Luftmassenmessers 12 und im unteren Teil der Fig. 2 ein Laufunruhwert LU für alle Zylinder der Brennkraftmaschine für den Fall einer einwandfreien Abstimmung aufgetragen. Diese Verläufe geben damit die Verhältnisse bzw.

Zusammenhänge wieder, wie sie bei einer neuen Brennkraftmaschine vorliegen. Ausgehend von einem mageren Kraftstoff-/Luftgemisch entsprechend einer Luftzahl $\lambda = 1,4$ wird zum Regenerieren des NOx-Speicherkatalysators 16 ein Kraftstoff-/Luftgemisch entsprechend einer Luftzahl $\lambda = 0,8$ sprunghaft eingestellt, ohne dass dabei der Laufunruhwert LU das durch einen oberen Schwellenwert LU_SWO und einen unteren Schwellenwert LU_SWU begrenzte Laufunruhefenster verlassen wird. Dasselbe gilt beim Ende des Regenerationszyklusses, also beim Übergang vom Betrieb mit fettem Kraftstoff-/Luftgemisch zum Betrieb mit magerem Kraftstoff-/Luftgemisch.

[0032] Im oberen Teil der Fig. 3 sind in Abhängigkeit der Zeit t die Verläufe des Sollwertes für die Luftzahl λ_{sp} , der tatsächlichen Luftzahl λ_{av} , die mittels des Sauerstoffmessaufnehmers 18 gemessen wurde und das Signal des MAF des Luftmassenmessers 12 und im unteren Teil der Fig. 3 der Laufunruhwert LU für alle Zylinder der Brennkraftmaschine für einen Regenerationszyklus bei provozierter fehlerhafter Abstimmung, die Verschleiß- und Alterungsvorgänge der Brennkraftmaschine vorgibt, aufgetragen.

[0033] Während man bei einer neuen Brennkraftmaschine die drehmomentneutrale Applikation dafür sorgt, dass der Laufunruhwert selbst bei steilen Lambdasprüngen innerhalb des Laufunruhwertfensters liegt, führt diese einmal gemachte Applikation bei einer gealterten Brennkraftmaschine dazu, dass bei einem Lambdasprung selber Größe der Laufunruhwert LU aufgrund geänderter Verbrennungsscharakteristik deutlich außerhalb der vorgegebenen Grenzen LU_SWU, LU_SWO liegt (Fig. 3, unterer Teil).

[0034] Damit solch hohe Laufunruhwerte LU nicht auftreten und keine Einbußen an Komfort und Fahrbarkeit in Kauf genommen werden müssen, ist gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel vorgesehen, den Betriebsmoduswechsel, d. h. den Übergang zwischen Betrieb der Brennkraftmaschine mit magerem Kraftstoff-/Luftgemisch zum Betrieb mit fettem Kraftstoff-/Luftgemisch und umgekehrt in Instationärphasen der Brennkraftmaschine zu legen.

[0035] Ein Betriebsmoduswechsel findet nur statt, wenn der Drehmomentgradient einen vorgegebenen Schwellenwert TQI_SW überschreitet. Der Drehmomentgradient wird in der Steuerungseinrichtung 22 erfasst und der Schwellenwert TQI_SW wird für die jeweilige Brennkraftmaschine experimentell ermittelt und ist in der Speichereinrichtung 23 abgelegt. Bei einem negativen Drehzahlgradienten erfolgt die Umschaltung von unter- bzw. stöchiometrischen Kraftstoff-/Luftgemisch in mageres Kraftstoff-/Luftgemisch, bei positivem Drehmomentgradienten erfolgt ein Übergang zum Zwecke der Regeneration des NOx-Speicherkatalysators 16 von magerem Kraftstoff-/Luftgemisch zu fettem Kraftstoff-/Luftgemisch.

[0036] Die Regeneration des NOx-Speicherkatalysators 16 beginnt und endet also in einer Instationärphase, d. h. in einer Beschleunigungsphase bzw. in einer Verzögerungsphase der Brennkraftmaschine. In diesen Phasen erwartet der Fahrer eine Drehmomentreaktion und wenn das Drehmoment aufgrund des Betriebszustandswechsels etwas schwankt, ist dies weitweniger unangenehm als wenn der Betriebszustandswechsel bei Konstantfahrt erfolgt.

[0037] Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Betriebsmoduswechsel während der Schaltvorgänge erfolgt, da dann die Brennkraftmaschine vom Getriebe getrennt ist und keine oder nahezu keine Drehmomentreaktion auf das Fahrzeug und damit auf den Fahrer übertragen wird. Dieses Vorgehen gilt sowohl für Handschaltgetriebe, automatisierte Handschaltgetriebe als auch für Automatikschaltgetriebe.

[0038] Da man nicht immer sicherstellen kann, dass der Drehmomentgradient ausreichend häufig den Schwellen-

wert für das Auslösen eines Betriebszustandswechsels erreicht, beispielsweise wenn das Fahrzeug längere Zeit mit konstanter Geschwindigkeit auf Autobahnen bewegt wird, der NOx-Speicherkatalysator 16 aber seine Speicherkapazität erreicht hat, wird in solchen Fällen der Übergang vom Betrieb mit magerem Kraftstoff-/Luftgemisch zum Betrieb mit fettem Kraftstoff-/Luftgemisch und umgekehrt nicht sprunghaft durchgeführt, sondern der Lambdasollwert λ_{sp} wird kontinuierlich, beispielsweise mittels einer Rampenfunktion verändert.

[0039] In Fig. 4 sind die entsprechenden zeitlichen Signalverläufe dargestellt. Die Steilheit der Rampe kann dabei variiert werden. Je flacher die Rampe gewählt wird, desto gleichmäßiger wird der Verlauf des Laufunruhwertes LU, der Fahrkomfortverlust wird kompensiert. Dieser Eingriff hat Auswirkungen auf das Emissionsverhalten der Brennkraftmaschine 10, insbesondere auf die NOx-Emissionen und muss bei der Beladungsgradermittlung des NOx-Speicherkatalysators 16 berücksichtigt werden.

[0040] Im gezeigten Ausführungsbeispiel wird der Lambdasollwert $\lambda_{sp} = 1,4$ auf 1,0 rampenförmig verkleinert und macht dann einen kleinen Sprung in Richtung fettes Kraftstoff-/Luftgemisch ($\lambda_{sp} = 0,8$), da sich dort das Drehmoment kaum mehr ändert. Die Steilheit der Rampe kann entsprechend einer weiteren Laufunruheausswertung angepasst werden.

[0041] Parallel dazu kann die zur Verbrennung des Kraftstoffes der Brennkraftmaschine zugeführte Luftmasse abgesenkt werden, wodurch der Zündwinkleingriff gering ausfallen kann und man erreicht dadurch eine Verbesserung des Wirkungsgrades bei der Regeneration.

[0042] Als weitere Möglichkeit, keine Einbußen an Fahrkomfort durch Drehmomentänderung der Brennkraftmaschine zu erleiden, besteht darin, den Magermixbetrieb der Brennkraftmaschine ganz zu unterbinden. Die Brennkraftmaschine wird nicht mehr mit überstöchiometrischem Kraftstoff-/Luftgemisch betrieben, sondern mit einem Kraftstoff-/Luftgemisch entsprechend $\lambda_{sp} = 1$. Dies kann z. B. nötig werden, wenn ein Defekt an einer Zündkerze auftritt, der zwar nicht ständig Aussetzer produziert, aber im Betrieb der Brennkraftmaschine mit magerem Kraftstoff-/Luftgemisch keine saubere Verbrennung gewährleistet werden kann, so dass kein drehmomentneutraler Übergang zwischen den Betriebsmoden zu erreichen ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern einer Brennkraftmaschine (10), die abhängig von bestimmten Betriebsbedingungen entweder mit einem überstöchiometrischen, stöchiometrischen oder unterstöchiometrischen Kraftstoff-/Luftgemisch betrieben wird, wobei in einem Abgaskanal (14) der Brennkraftmaschine (10) ein NOx-Speicherkatalysator (16) angeordnet ist, in Abhängigkeit von Betriebsparametern der Brennkraftmaschine (10) und des NOx-Speicherkatalysators (16) zur Regeneration des NOx-Speicherkatalysators (16) ein Betriebsmoduswechsel zwischen den Betriebsmoden mit einem überstöchiometrischen, stöchiometrischen oder unterstöchiometrischen Kraftstoff-/Luftgemisch durchgeführt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** Werte für die Laufunruhe (LU) der Brennkraftmaschine (10) erfasst werden, überprüft wird, ob die Laufunruhwerte (LU) vorgegebene Bedingungen (LU_SWU, LU_SWO) erfüllen und wenn die Laufunruhwerte (LU) diese Bedingungen

nicht erfüllen

ein Betriebsmoduswechsel in Instationärphasen der Brennkraftmaschine (10) erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Werte für einen Drehmomentsollwert der Brennkraftmaschine (10) berechnet werden, daraus ein Drehmomentgradient ermittelt wird, der Drehmomentgradient mit einem Schwellenwert (TQ_SW) verglichen wird und der Betriebsmoduswechsel eingeleitet wird, wenn der Schwellenwert (TQ_SW) überschritten wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem negativen Drehmomentgradienten eine Umschaltung von einem Betrieb mit unterstöchiometrischem oder stöchiometrischen Kraftstoff-/Luftgemisch zu einem Betrieb mit überstöchiometrischem Kraftstoff-/Luftgemisch erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem positiven Drehmomentgradienten eine Umschaltung von einem Betrieb mit überstöchiometrischem Kraftstoff-/Luftgemisch zu einem Betrieb mit unterstöchiometrischem Kraftstoff-/Luftgemisch erfolgt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Betriebsmoduswechsel während des Ausführens von Schaltvorgängen durchgeführt wird, bei denen die Brennkraftmaschine (10) von einem Antriebsstrang des von der Brennkraftmaschine (10) angetriebenen Fahrzeuges zumindest teilweise entkoppelt ist.

6. Verfahren zum Steuern einer Brennkraftmaschine (10),

die abhängig von bestimmten Betriebsbedingungen entweder mit einem überstöchiometrischen, stöchiometrischen oder unterstöchiometrischen Kraftstoff-/Luftgemisch betrieben wird, wobei

in einem Abgaskanal (14) der Brennkraftmaschine (10) ein NOx-Speicherkatalysator (16) angeordnet ist, in Abhängigkeit von Betriebsparametern der Brennkraftmaschine (10) und des NOx-Speicherkatalysators (16) zur Regeneration des NOx-Speicherkatalysators (16) ein Betriebsmoduswechsel zwischen den Betriebsmoden mit einem überstöchiometrischen, stöchiometrischen oder unterstöchiometrischen Kraftstoff-/Luftgemisch durchgeführt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass Werte für die Laufunruhe (LU) der Brennkraftmaschine (10) erfasst werden, überprüft wird, ob die Laufunruhwerte (LU) vorgegebene Bedingungen (LU_SWU, LU_SWO) erfüllen und wenn die Laufunruhwerte (LU) diese Bedingungen nicht erfüllen

der Übergang zwischen den einzelnen Betriebsmoden zumindest teilweise kontinuierlich erfolgt, indem ein Sollwert für die Luftzahl (λ_{sp}) des Kraftstoff-/Luftgemisches über eine Rampenfunktion verändert wird.

7. Verfahren zum Steuern einer Brennkraftmaschine (10),

die abhängig von bestimmten Betriebsbedingungen entweder mit einem überstöchiometrischen, stöchiometrischen oder unterstöchiometrischen Kraftstoff-/Luftgemisch betrieben wird, wobei

in einem Abgaskanal (14) der Brennkraftmaschine (10) ein NOx-Speicherkatalysator (16) angeordnet ist, in Abhängigkeit von Betriebsparametern der Brennkraftmaschine (10) und des NOx-Speicherkatalysators (16) zur Regeneration des NOx-Speicherkatalysators (16) ein Betriebsmoduswechsel zwischen den Be-

triebsmoden mit einem überstöchiometrischen, stöchiometrischen oder unterstöchiometrischen Kraftstoff-/Luftgemisch durchgeführt wird, dadurch gekennzeichnet, dass

Werte für die Laufunruhe (LU) der Brennkraftmaschine (10) erfasst werden, überprüft wird, ob die Laufunruhwerte (LU) vorgegebene Bedingungen (LU_SWU, LU_SWO) erfüllen und wenn die Laufunruhwerte (LU) diese Bedingungen nicht erfüllen

der Übergang zwischen den einzelnen Betriebsmoden unterbunden wird und die Brennkraftmaschine (10) mit stöchiometrischen Kraftstoff-/Luftgemisch betrieben wird.

8. Verfahren nach Anspruch 1, 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass überprüft wird, ob die Laufunruhwerte (LU) innerhalb eines durch einen unteren Schwellenwert (LU_SWU) und einen oberen Schwellenwert (LU_SWO) begrenzten Laufunruhefensters liegen.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Schwellenwerte (LU_SWU, LU_SWO) experimentell ermittelt werden und in einer Speichereinrichtung (23) abgelegt sind.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG 1

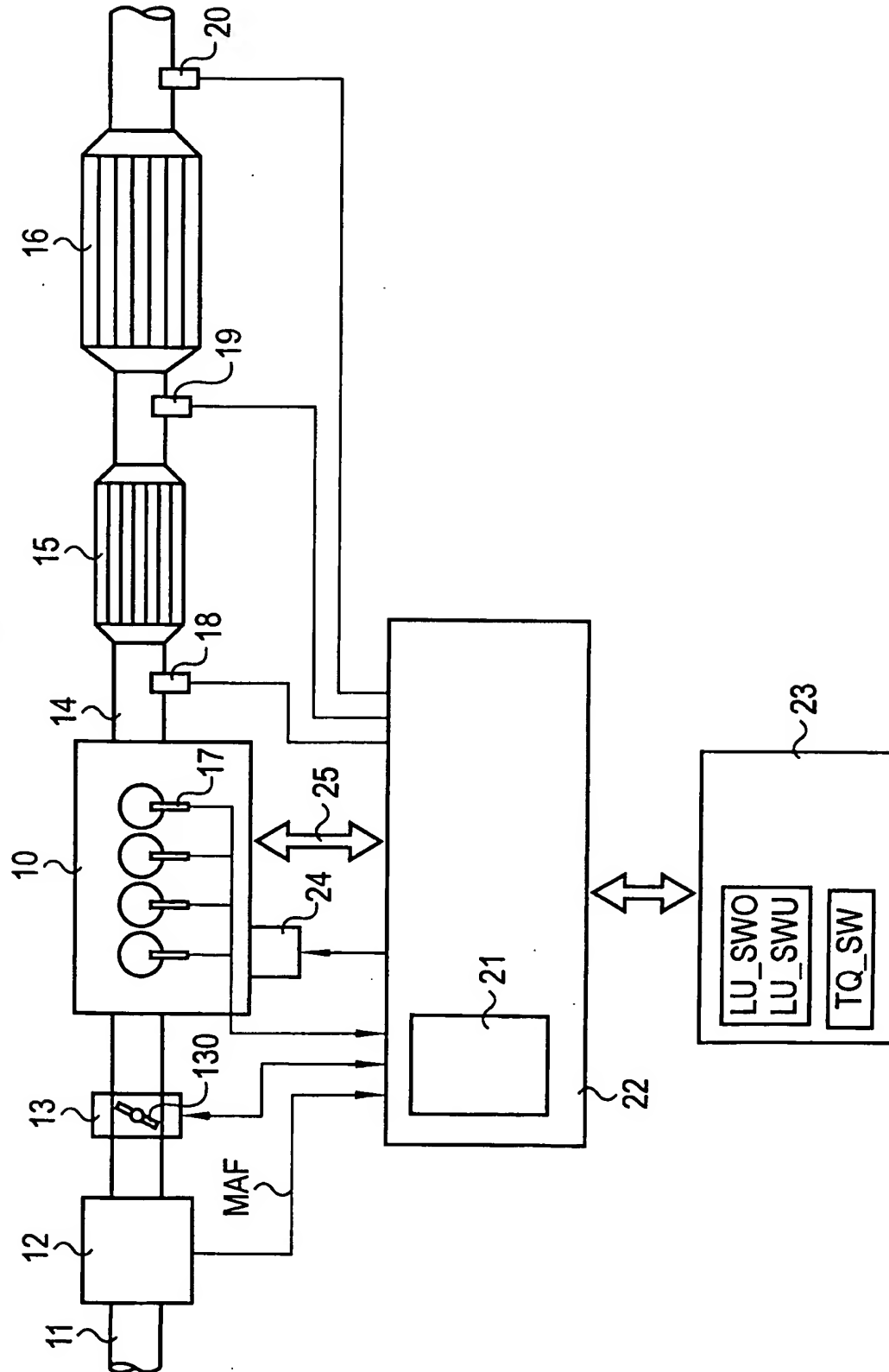


FIG 2

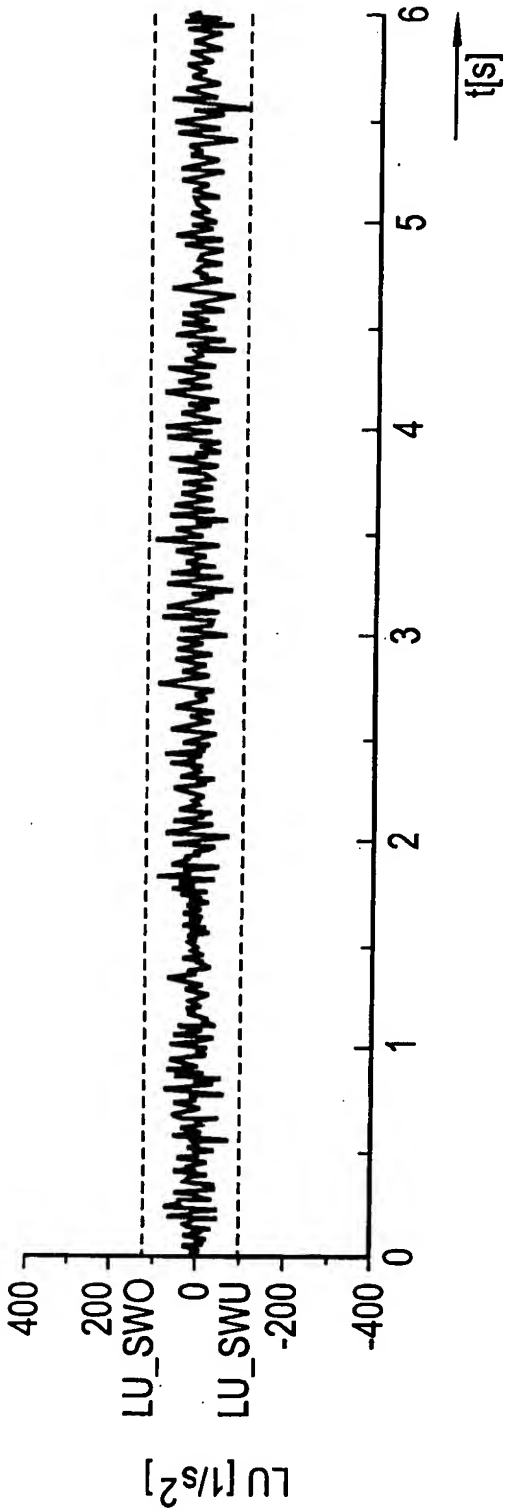
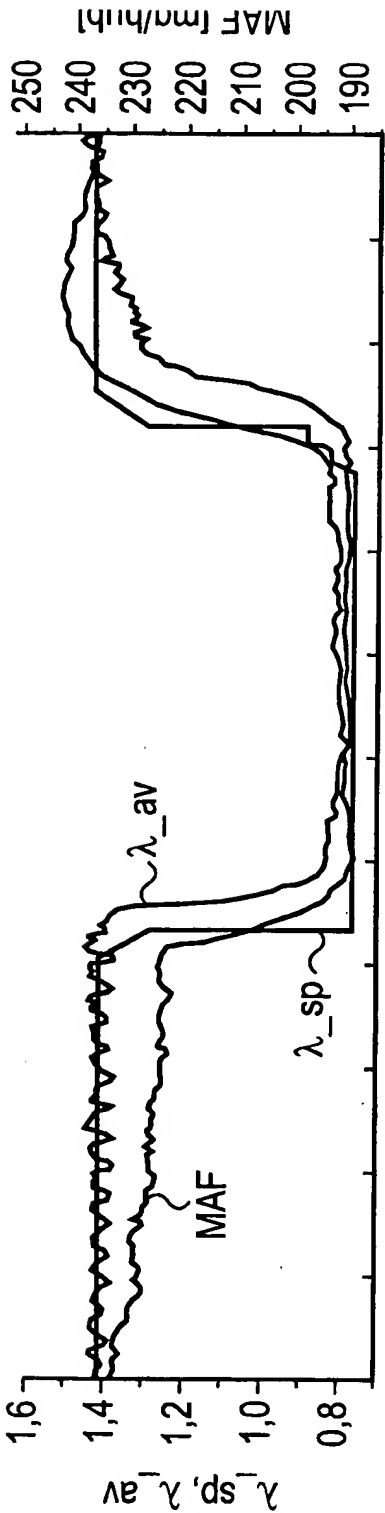


FIG 3

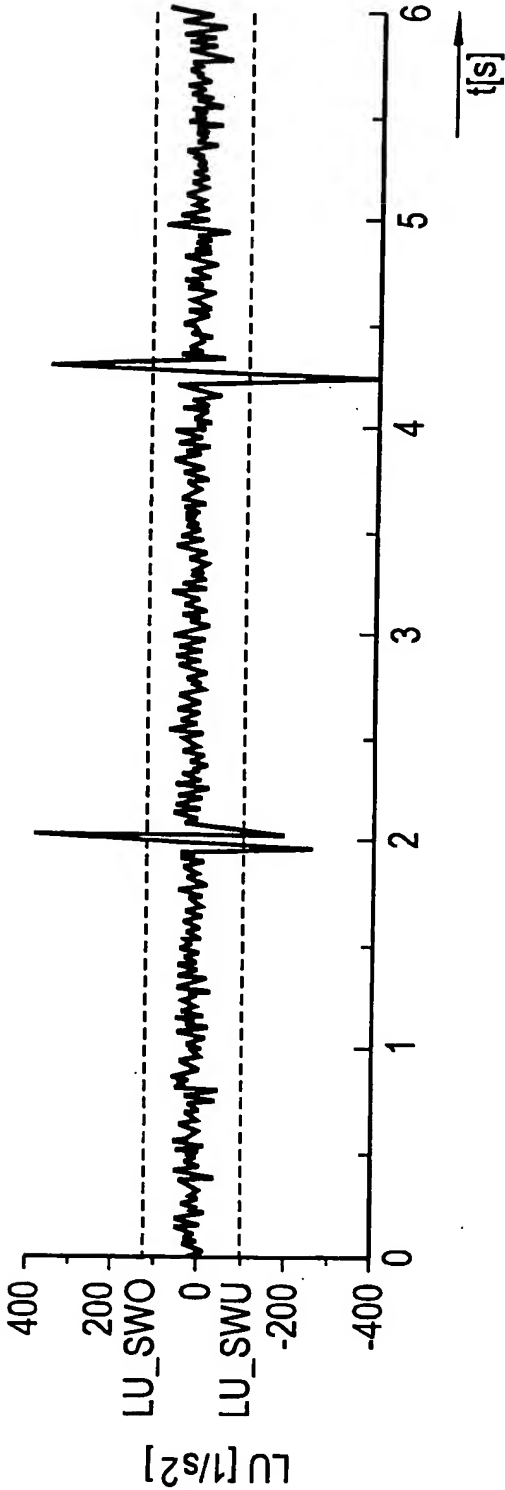
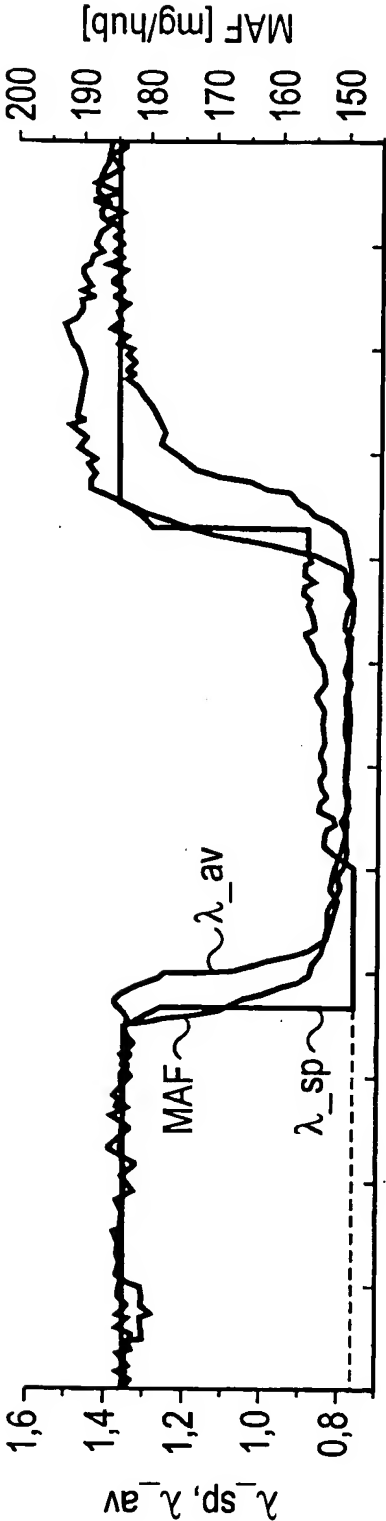


FIG 4

